

セールロンダーネ山地周辺の雪氷学的調査

本山 秀明¹・東 信彦²・藤田 秀二³Glaciological Studies near the Sør Rondane
Mountains, East AntarcticaHideaki MOTOYAMA¹, Nobuhiko AZUMA² and Shuji FUJITA³

Abstract: In the area west of Mizuho Plateau, outflow of the ice sheet is hindered by a chain of mountains (Sør Rondane, Belgica and Yamato Mountains etc.) lying along the coast of the continent and ice shelves are developing at the margin of the ice sheet. Therefore the ice sheet geomorphology and dynamical behavior in this area are quite different from those on the Mizuho Plateau. In order to describe the response of the East Antarctic ice sheet to climatic change, we need to know the influence of the presence of mountains on stability of the ice sheet. This glaciological study aims to investigate whether the ice sheet and the ice shelf in this area are now increasing or decreasing in size possibly, in response to atmospheric warming, how far this part of the ice sheet departs from a steady state, and how the influence of climatic change is left inside the ice sheet and the ice shelf. For this purpose the following studies were performed in 1988 and 1989. 1) A series of shallow drillings along a selected flow line upstream of the Sør Rondane Mountains to Breid Bay. 2) Surface flow velocity, strain and mass balance measurements on the flow line. 3) Monitoring of a valley glacier in the Sør Rondane Mountains.

要旨: みずほ高原氷床の西に接する地域では氷床の流下は大陸の海岸に沿った山脈 (Sør Rondane, Belgica and Yamato Mountains etc.) によってせき止められている。そして氷床の縁には棚氷が発達している。従って氷床の形態や流動の様子はみずほ高原とは著しく異なっている。気候変動に対する東南極氷床の応答を議論するためには、山脈の存在が氷床の安定性にどのような影響を及ぼすのかを知る必要がある。この流域の氷床が近年の気候変動に対応して現在拡大してるのか縮小してるのか、さらに過去どのような状態であったのかを調べる目的で次のような雪氷学的調査が行われた。

1) セールロンダーネ山地上流のナンセン氷原からブライド湾に沿った流線上での浅層掘削, 2) 流線上での表面流動速度, 歪量, 質量収支観測, 3) セールロンダーネ山地域の山岳氷河のモニタリング。

¹ 国立極地研究所. National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.
² 長岡技術科学大学. Nagaoka University of Technology, 1603-1, Kamitomioka, Nagaoka 940-21.
³ 北海道大学工学部. Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo 060.

1. 計画概要

これまでみずほ高原・東クイーンモードランド地域の雪氷学的調査により、みずほ高原・東クイーンモードランド氷床の実態がしだいに明らかになってきた。しらせ氷河流域の西側に存在する東クイーンモードランド氷床は、沿岸域に連なる、やまと、ベルジカ、セールロンダーネの山群が氷床流動をせき止めており、氷床の末端では棚氷が存在している。氷床動力学的状態はみずほ高原氷床のしらせ氷河流域とは大きく異なり、気候変動に対する氷床の応答は対照的であることが予想される。

セールロンダーネ山地域での雪氷学的調査では、氷床変動における山脈の阻止効果と棚氷の挙動を把握するために過去数百年間の気候変動と氷床・棚氷の応答を調べることを目的とした。セールロンダーネ山地上流からあすか観測拠点を經由し、ブライド湾に至る氷床流動の流線上で堆積環境と流動に関する観測を行い、数カ所で氷床浅層掘削を行った。昭和基地側ではみずほ高原地域の堆積環境と氷床表面形態に関する調査が続けられた。

2. 観測経過

(1) 第28次観測隊あすか観測拠点

積雪涵養量の観測を目的に、あすか観測拠点の16本及び36本雪尺網、L, AA, ABルート
の雪尺観測を開始、あるいは前次隊から継続した。降雪・飛雪の同位体分析と化学分析用にあ
すか観測拠点で雪サンプリングを行った。

(2) 第29次観測隊あすか観測拠点

隕石集積機構に関する調査を目的とし、次の観測を行った。

- a) セールロンダーネ山地周辺の氷床流を理解するため、ナンセン氷原 A165, A246 で歪方陣の設置
- b) 氷床の流動量を明らかにするため、JMR 観測点の設置
A165, A246 及び A ルート, B ルート上の主要な点。計 10 地点
- c) 山地周辺地域の氷の力学構造、歪履歴、氷化高度などを明らかにするため、隕石調査域の氷ブロックの採取。ナンセン氷原 A233, A246, セールロンダーネ山地東部バルヒェン地域及び西部域
- d) ルート雪尺測定
A, B, AB, AA, RY ルート

あすか観測拠点においては、36本及び16本雪尺観測を継続した。

(3) 第29次観測隊昭和基地

みずほ高原の主に積雪の堆積環境に注目して雪氷工学的調査を行った。3-10 m 深までの表層掘削を G6-A 間と E, NY ルートの計 11 カ所で行った。また、積雪中の微量成分を調べるた

め、積雪ブロックを H128, H50, E ルートで採取し、また飛雪・積雪サンプルを適宜採取した。

(4) 第 30 次観測隊あすか観測拠点

夏期間にシール岩にて液封ドリルテストを行い、10 m コアを採取した。ナンセン氷原域の雪氷内陸調査で、A, B ルート雪尺測定、歪方陣引継、JMR 観測点の追加、積雪サンプリング、裸氷帯表面氷ダートバンドのサンプリングを行った。ブラットニーパネ北面中央部山岳氷河（グーセン氷河）にて 26 次隊が設置した氷床流動測定用ステイクの再測を行った。

越冬期間には、JMR による氷床流動観測をナンセン氷原 A246, A234, A165, L0 にて行い、A246 と A165 の歪方陣を再測した。表層浅層掘削をあすか観測拠点で 103 m, L0 で 65 m, A165 で 50 m 行い、雪氷コアを採取した。あすか観測拠点の 16 本、36 本雪尺と A, B, AB ルート雪尺観測も継続した。また、L ルートと A ルートで 10 km ごとの表面積雪サンプリングを行った。裸氷及び雪試料の採取として、あすか観測拠点にて 2 m 深ブロックを季節ごとに採取した。

(5) 第 31 次観測隊あすか観測拠点

夏期間にセールロンダーネ山地ジェニングス氷河にて、3 種類の液封ドリルのテストを行い、25 m までの雪氷コアを採取した。ブラットニーパネ北面中央部山岳氷河（グーセン氷河）にて雪尺網の再測と裸氷サンプリングを行った。また、第 31 次夏隊オペレーションで導入したヘリコプターによって、セールロンダーネ南部のダートバンドの観察とダートバンドを含む裸氷のサンプリングを行った。

越冬期間中には、あすか観測拠点の 36 本雪尺観測、AB, AA, RY, A, L ルート雪尺測定を行った。

(6) 第 32 次観測隊あすか観測拠点

あすか観測拠点の 36 本雪尺、L ルート雪尺の観測を行った。

(7) 第 32 次観測隊昭和基地

昭和基地及び近傍の大斜面にて、雪氷におけるマイクロ波リモートセンシングを目的としたクレバスレーダーの実験を行った。H15 では 120 m の浅層コア掘削を実施した。第 33 次隊から開始されるドーム計画のため、みずほ基地から中継拠点までの MD ルート新設し、ルート雪尺とみずほ 201 本雪尺を測定した。また、適宜積雪サンプリングを行った。ルート上数カ所で環境放射線量計測用熱ルミネッセランス熱量計の設置を行った。

氷床氷縁位置の変動を長期観測する目的で第 24 次隊に引き続き、氷床氷縁の空撮を行った。撮影地域は、プリンスオラフ海岸の明るい岬から宗谷海岸、白瀬氷河インホブデの茅氷河までである。

3. 観測結果

図 1 に、あすか観測拠点周辺のルート図を示す。ブライド湾からあすか観測拠点への L ルー

ト, 山地調査の AB, AA ルート, 隕石調査の A, B ルート, やまと山地からの RY ルートなどがある。図 2 にはあすか観測拠点の 36 本雪尺網で観測された雪面変化量を示す。この地域での涵養は一年中を通して平均して起きるのではなく, 1 月から 3 月にかけての夏期に涵養が集中し, 冬期は消耗期となることが明らかとなった。これはみずほ観測拠点での観測結果と共通している。図 3 に L ルート, 図 4 に A, B ルートの雪面変化を示す。沿岸から涵養量は次第に減ってきてあすか観測拠点に至る。L0 付近では年涵養量は 60 cm 程度であり, L0 から百数十 km 内陸までは若干の変動はあるものの約 50 cm 程度の年涵養量があるが, A20 を境にセールロンダーネ山地に近づくにつれて急速に年涵養量が減少する。セールロンダーネ山地より内陸側のナンセン氷原では年涵養量は 20 cm 以下で質量収支が負になるところが多い。

L, A ルート沿い 10 km ごとの表面積雪の分析結果 (東ら, 1991) では, 電気伝導度や主イオン濃度はブライド湾に面した L0 から内陸に行くに従って指数関数的に減少するのに対して,

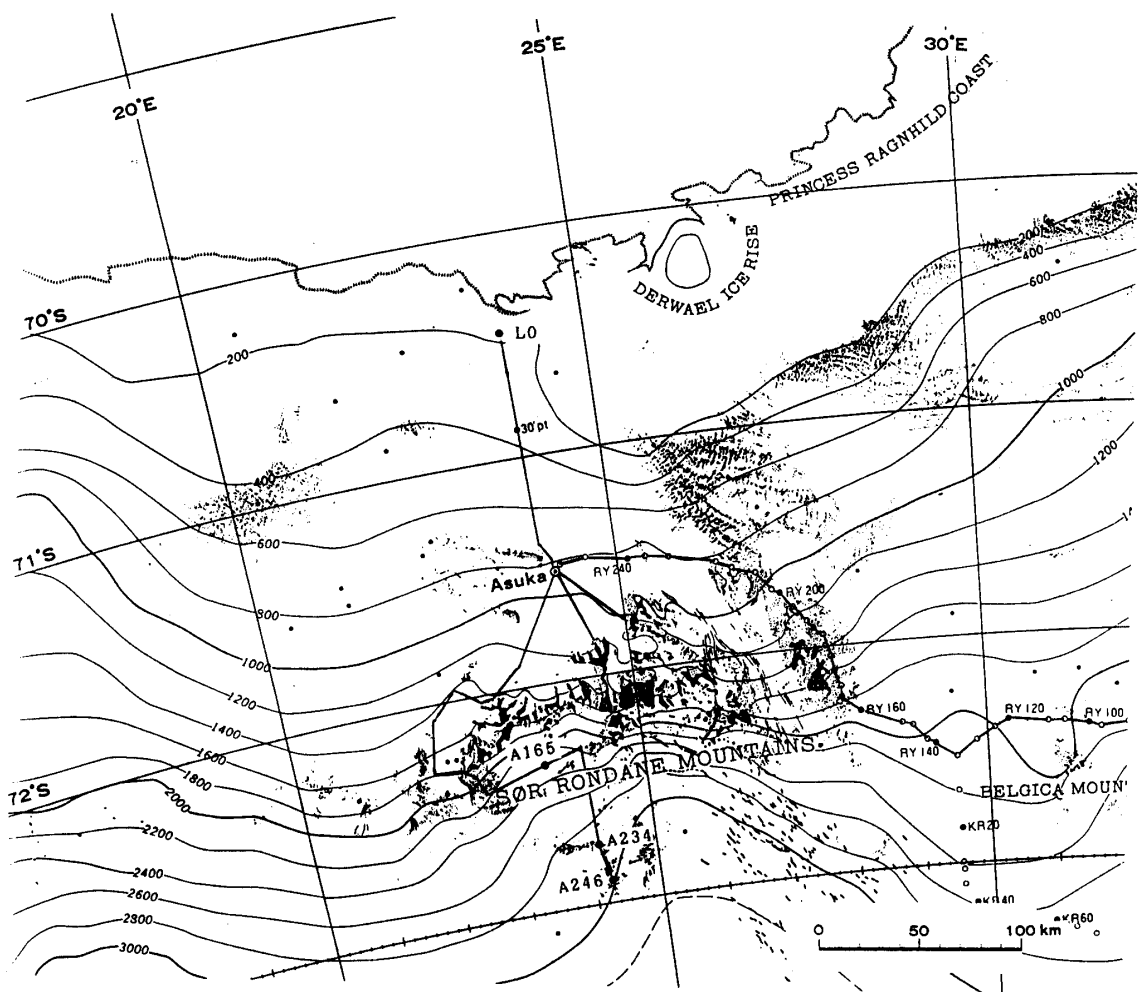


図 1 あすか観測拠点周辺のルート
Fig. 1. Traverse routes near Asuka Station.

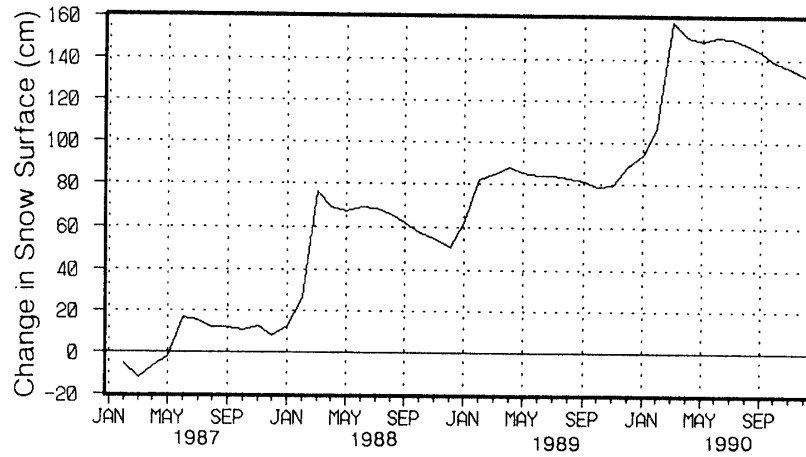


図2 あすか観測拠点の雪面高変化

Fig. 2. Net accumulation at Asuka Station.

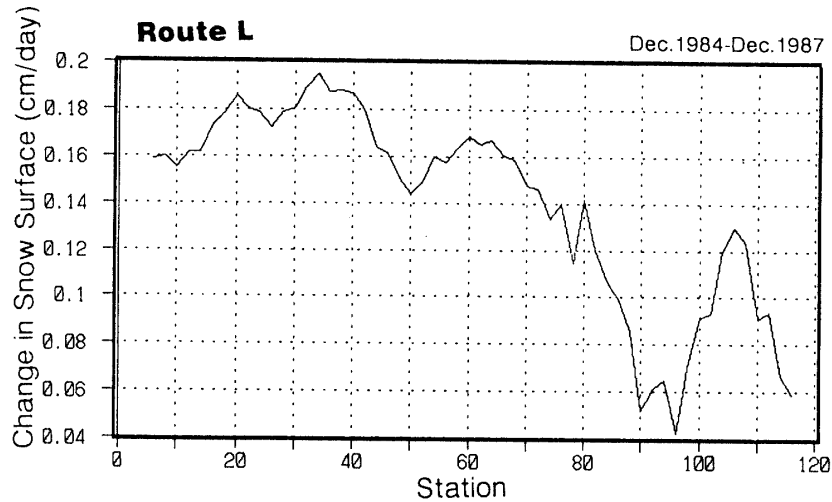


図3 Lルート沿いの雪面高変化

Fig. 3. Net accumulation along the Route L.

固体微粒子濃度はセールロンダーネ山地を境に沿岸側では低く内陸側では非常に高くなるという結果を得た。セールロンダーネ山地より沿岸側では常にカタバ風が山脈側より吹き付けているにもかかわらず、固体微粒子濃度が山脈上流側より極端に低くなるという結果から、少なくとも微粒子の起源はセールロンダーネ山地ではないらしい。さらに詳しい分析を要する。

あすか観測拠点での浅層コアの解析から次の結果が得られた (AZUMA *et al.*, 1994)。深さ 60 m, 70 m, 90 m 付近に空隙率の高い層が存在する。これらはこの深さのフィルムが表層にあったときの特異な気候を反映していると考えられる。表層約 10 m の層位と密度プロファイルから年涵養量を求めると、水当量で約 22 cm であすか観測拠点の雪尺データの結果とほぼ一致する。またあすかコア中には氷板は見られないが、L0 コアにはかなり多く存在し、特に近年その傾向が大きいことがわかった。

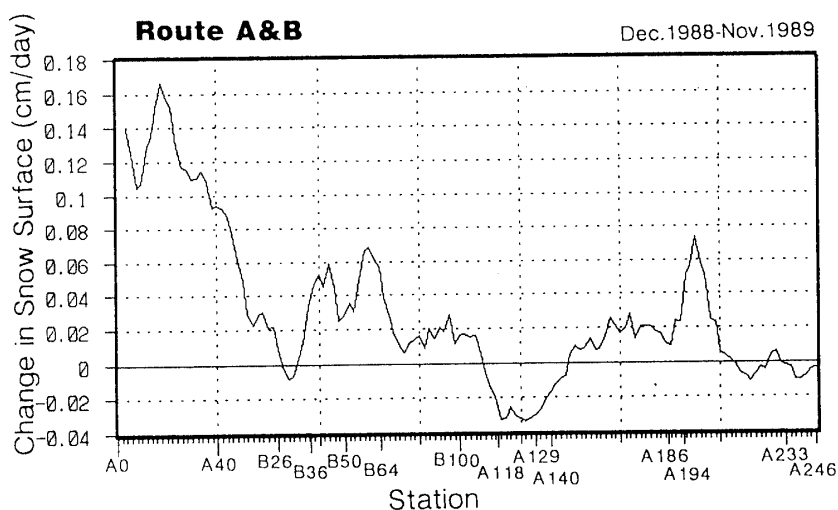


図4 A, B ルート沿いの雪面高変化

Fig. 4. Net accumulation along the Route A and the Route B.

あすかコアの化学分析結果からは次のようなことが明らかとなった(東ら, 1993)。塩酸、硝酸、硫酸各イオンの濃度は周期的に変動し、その周期は年涵養量とほぼ一致する。しかしながら、あすか観測拠点の積雪は図2から明らかなように夏期に集中する。従って積雪が一年を通してまんべんなく起きるグリーンランドとは違い降雪中の不純物濃度の季節変動で説明することはできない。あすか観測拠点の16本雪尺付近の表面ピットの層位観察と各層の積雪の化学分析を詳細に行ったところ、表面付近では層位と主イオン濃度との相関はあまりはっきりしないが、深くなりシモザラメ雪層としまり雪層が交互に発達するにつれ主イオン濃度の変動が一致してくるという結果を得た。つまり、シモザラメ雪層では濃度が低く、しまり雪層では高い。従って、これら構造変化の激しい地域では、一見降雪中の各種含有濃度の季節変動と見えるものは、実は堆積後の積雪の変態によって再分配されたものである可能性が高い。このような視点で今後これらのコアを解析する必要がある。

図5はセールロンダーネ山地のグーセン氷河の表面地形図、表面変化量、表面流動の水平成分、垂直成分を示す。この氷河は標高1000 m-1300 m、東西3 km 南北5 kmの小さな谷氷河である。南北線にそって氷雪の境界が現れ、西が積雪域、東が裸氷域である。氷河は周りを岩脈によって囲まれており、上流からの涵養がなく独立して存在している。それゆえ、氷河の構造、流動のメカニズムを調べるのに適している。また表面質量収支から最近の気候変動が敏感に現れるので気候のモニタリングにも適した氷河である。表面質量収支データ、表面流速データ、流線上で採取した表面氷の分析データよりこの氷河は現在縮小期にあることが示唆された(東ら, 1990; 本山ら, 1990)。

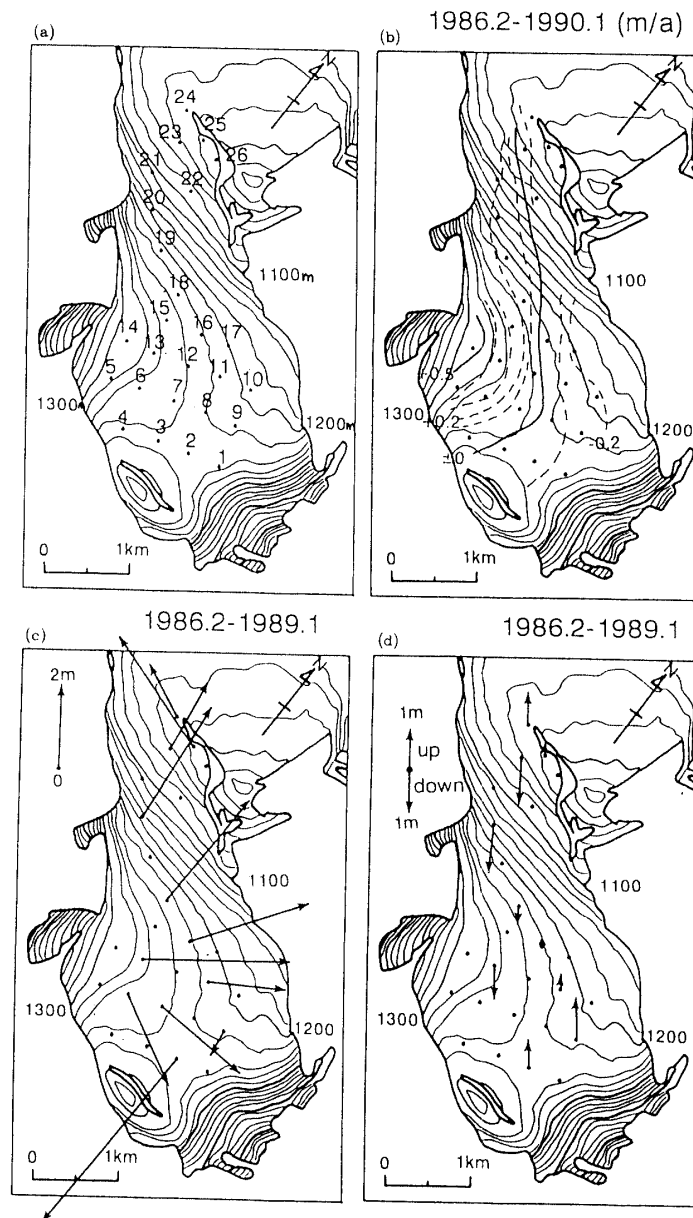


図5 セールロンダーネ山地グーセン氷河の (a) 地形と観測点, (b) 表面高変化量, (c) 表面流速 (水平成分), (d) 表面流速 (鉛直成分)

Fig. 5. Glaciological data of Goosen Glacier, Sør Rondane Mountains: a) Contour lines and stake numbers, b) Surface mass balance, c) Surface horizontal flow velocity, d) Surface vertical flow velocity.

文 献

- 東 信彦・藤田秀二・本山秀明・上田 豊 (1990): セールロンダーネ山地山岳氷河の変動 I. 平成2年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集, 31.
- 東 信彦・丸橋雄一・東 久美子・中尾正義 (1991): 東クイーンモードランド・セルロンダーネ周辺の表面積雪の電気伝導度および固体微粒子濃度. 平成3年度日本雪氷学会全国大会講演予稿集,

89.

AZUMA, N., GOTO-AZUMA, K. and NAKAWO, M. (1994): Photometric analysis of a 100 m ice core from Asuka Camp, East Antarctica. *Bull. Glacier Res.*, **12**, 69-75.

東 久美子・東 信彦・山口勇人・中尾正義・渡邊興亜・藤井理行・中村秀臣 (1993): あすか浅層コアおよび表面ピットの化学的性質. 平成5年度日本雪氷学会全国大会予稿集, 92.

本山秀明・東 信彦・藤田秀二・上田 豊 (1990): セールロンダーネ山地山岳氷河の流動・質量収支観測. 第13回極域気水圏シンポジウム講演要旨. 東京, 国立極地研究所, 39-40.

(1994年8月17日受付; 1997年1月17日改訂稿受理)